مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۳۲، شماره ۲، سال ۱۳۹۵

اثر محلول‌پاشی ترکیبات کلسیم بر تشکیل و توسعه میوه پسته

Effects of Foliar Application of Calcium Compounds on Formation and Development of Pistachio (*Pistacia vera* L.) Nuts

عبدالحمید شرافتی[۱]، سیدجواد حسینی‌فرد[۲] و پیمان کشاورز[۳]

۱- مربی، بخش تحقیقات علوم زراعی- باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
۲- استادیار، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده پسته، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران
۳- دانشیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۴/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۸

چکیده

شرافتی، ع.، حسینی‌فرد، س. ج. و کشاورز، پ. ۱۳۹۵. اثر محلول‌پاشی ترکیبات کلسیم بر تشکیل و توسعه میوه پسته. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲- ۳۲**: ۲۰۸-۱۹۳.

هدف از انجام این پژوهش تعیین نقش کلسیم در تشکیل و کاهش ریزش میوه در رقم عباسعلی بود. در این پژوهش از چهار ترکیب کلسیمی نیترات‌کلسیم (سه در هزار)، کلات‌کلسیم EDTA (یک در هزار)، نانوکلات‌کلسیم (یک در هزار) و کلات‌کلسیم اسیدآمینه (یک در هزار) با پنج نوبت محلول‌پاشی روی درختان بیست ساله رقم عباسعلی استفاده شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال (۱۳۹۲-۱۳۹۱) در باغ پسته شرکت کشاورزی بینالود - نیشابور اجرا شد. محلول‌پاشی از پایان مرحله گرده‌افشانی شروع و پنج نوبت به فاصله هر ده روز تکرار شد. نتایج نشان داد که اثر ترکیبات کلسیم، دفعات محلول‌پاشی و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد پسته در خوشه معنی‌دار نبود. اثر ترکیبات کلسیم بر درصد مغز، درصد خندانی و درصد کلسیم برگ در سطح احتمال ۵ درصد و میزان کلسیم میوه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. نیترات کلسیم با ۰/۱۶ درصد و نانو کلات کلسیم با ۰/۱۳ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار کلسیم میوه را نشان دادند. اثر متقابل کلات کلسیم اسید آمینه و پنج نوبت محلول‌پاشی بر اُنس میوه، اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد. اثر سال بر صفات تعداد پسته در خوشه، درصد پوکی، درصد خندانی، درصد کلسیم برگ و میوه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. به طور کلی کلات‌کلسیم EDTA با پنج نوبت محلول‌پاشی بیشترین تأثیر را بر صفات اُنس، درصد خندانی و کلسیم برگ داشت.

واژه‌های کلیدی: پسته، رقم عباسعلی، محلول‌پاشی کلسیم، درصد خندانی، درصد پوکی.

نویسنده مسئول: hamidsherafati47@gmail.com تلفن: ۰۵۱۵۶۷۲۴۴۴۱

مقدمه

براساس آخرین آمار، سطح زیر کشت پسته در ایران بیش از ۴۰۰ هزار هکتار است و به طور متوسط از هر هکتار ۷۵۰ کیلوگرم پسته خشک برداشت می‌شود (Anonymous, 2014). عوامل متعددی موجب کاهش عملکرد باغ‌های پسته کشور شده است که از آن جمله می‌توان به انتخاب ارقام ناسازگار، شوری آب و خاک، تنش های اقلیمی و تغذیه نامناسب اشاره کرد.

از بین عناصر غذایی ضروری برای گیاهان، کلسیم نقش مهمی در ساختمان سلول و رشد گیاه داشته و عمدتاً در برگ‌ها وجود دارد و بذرها و میوه‌ها کلسیم کمتری دارند (Moezardelan and Savaghebi, 1998؛ Malakouti and Homaei 1995). در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، کلسیم نسبت به سایر عناصر غذایی، به مقدار بیشتری در محلول خاک وجود دارد و معمولاً ۹۰-۸۰ درصد محل‌های تبادلی روی سطح ذرات خاک را اشغال می‌کند (Hossenifard and Alipour, 2004). از طرفی اثر متقابل منفی (آنتاگونیستی) بین کلسیم با منیزیم و پتاسیم وجود دارد (Mahmoudi Mimand, 2008؛ Napier and Combrink, 2006).

جذب کلسیم از محیط کشت غالباً توسط نوک ریشه‌ها و به شکل کاتیون دو ظرفیتی Ca^{+2} و به صورت غیرفعال توسط گیاه انجام می‌شود. مشکل اصلی کلسیم، جذب آن توسط گیاه نیست، بلکه انتقال آن در داخل گیاه است، به عبارت دیگر مقدار تبخیر و تعرق از سطح اندام‌های هوایی نظیر برگ و میوه، تعیین‌کننده مقدار جذب و موجب حرکت یون کلسیم در آوندهای چوبی به طرف اندام مورد نیاز گیاه می‌شود. نظر به این‌که میزان تعرق از سطح برگ شدیدتر از سطح میوه است، بنابراین در شرایط کمبود کلسیم، مقدار کلسیمی که در اختیار میوه قرار می‌گیرد به مراتب کمتر از مقدار کلسیمی است که در اختیار برگ قرار می‌گیرد و در نتیجه ممکن است علائم کمبود کلسیم در برگ‌ها مشاهده نشود، در حالی که میوه و به خصوص پوست سخت آن به شدت دچار کمبود کلسیم باشد (Napier and Combrink, 2006؛ Fernandez *et al.*, 2013).

براساس مطالعات انجام شده، در بین عناصر غذایی، کلسیم کم تحرک‌ترین عنصر در آوندهای آبکش است. بالا بودن آنیون فسفات در شیره آوند آبکش و وجود کاتیون‌هایی نظیر Ca^{+2}، زمینه تشکیل نمک‌های فسفات با حلالیت کم را فراهم می‌کند. این نوع نمک ها، عامل کند کننده حرکت کلسیم در آوند آبکش هستند، همچنین وجود یون آمونیوم در اثر مصرف زیادی کودهای نیتروژن مثل اوره به مقدار زیادی کمبود کلسیم را تشدید می‌کند، بنابراین بسیاری از اختلالات فیزیولوژیکی میوه می‌توانند ناشی از کمبود کلسیم باشند (Fernandez *et al.*, 2013؛

(Malakouti and Tabatabei, 2000).

حد بحرانی کلسیم در برگ پسته ۱/۳ درصد ماده خشک و دامنه پیشنهادی آن ۱/۳ تا ۴ درصد است (Sedaghati *et al.*, 2010). بارزترین نشانه کمبود کلسیم در میوه این است که نوک میوه‌ها به صورت خشک سوخته و سیاه می‌شود، اما از انتهای آن شیره (صمغ) خارج نمی‌شود (Hokmabadi, 2012).

بر اساس بررسی‌های انجام شده در سال‌های اخیر، از اواسط اردیبهشت و همزمان با آغاز سخت شدن پوست استخوانی، در برخی ارقام پسته از انتهای میوه، مقداری صمغ خارج می‌شود و پس از مدتی میوه پسته از انتها شروع به سیاه شدن کرده و ریزش می‌کند. این عوارض بیشتر در اثر به هم خوردن نسبت تعادلی بین کلسیم و منیزیم در میوه پسته به وجود می‌آید و اصطلاحاً «اضمحلال پوست استخوانی» یا «لکه پوست استخوانی» نامیده می‌شود (Hashemirad and Mohammadi Mohammadabadi, 2009).

علائم این عارضه مشابه علائم خسارت هیچ‌کدام از آفاتی که از میوه پسته تغذیه می‌کنند، نیست (Rice *et al.*, 1996). از میوه‌هایی که دچار این عارضه شده‌اند تاکنون قارچ، باکتری و ویروس شناسایی نشده است. بررسی‌های انجام شده در مورد این عارضه در سال ۱۳۸۵ نشان داد که آثار تغییرات اقلیمی از جمله نوسانات درجه حرارت در شب و روز، سرمازدگی بهاره، گرمای تابستان و تگرگ، روی میوه، هیچ شباهتی به علائم عارضه سیاه شدگی میوه نداشت (هاشمی‌راد و حیدری‌نژاد، گزارش منتشر نشده). از طرفی منابع متعدد علمی نقش و تأثیر کلسیم در فرآیندهای فیزیولوژی میوه و سایر اندام‌های گیاه را مورد تأیید قرار داده‌اند (Adibfar *et al.*, 2012).

برای جبران کمبود کلسیم پسته می توان از تغذیه برگی کلرید کلسیم با غلظت ۲ تا ۳ در هزار در اردیبهشت ماه استفاده کرد (Hossenifard and Alipour, 2004). بررسی اثر تیمارهای مختلف کلسیم شامل: ۱- گچ (سولفات کلسیم) + محلول‌پاشی با کلسیم مایع، ۲- گچ + نیترات کلسیم و ۳- گچ + نیترات کلسیم + محلول پاشی با کلسیم مایع، برای کاهش عارضه لکه پوست استخوانی میوه پسته رقم اکبری نشان داد که بیشترین درصد میوه‌های سالم در سه تیمار کلسیم مشاهده شد، اما اختلاف معنی‌داری بین سه تیمار وجود نداشت (Sajadiyan, 2012). در مطالعه دیگری نیز معلوم شد که تغذیه برگی عناصر غذایی شامل اوره+ کلسیم، روی + کلسیم، اوره + روی، اوره + روی + کلسیم بر روی درختان پسته رقم احمدآقایی در ابتدای اردیبهشت و ابتدای خرداد تأثیر معنی‌داری بر درصد خندانی، وزن میوه و کاهش درصد بد شکلی میوه‌ها داشت (Rouhani *et al.*, 2012).

این پژوهش به منظور بررسی نقش تغذیه برگی ترکیبات کلسیم در دوره پس از تشکیل

میوه تا مرحله سخت شدن پوست استخوانی بر درصد تشکیل میوه در رقم عباسعلی انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از چهار ترکیب دارای کلسیم رایج در بازار با غلظت‌های توصیه شده شامل نیترات کلسیم سه در هزار، کلات کلسیم (Ca-EDTA) یک در هزار، نانو کلات کلسیم یک در هزار و کلات کلسیم اسیدآمینه‌ای یک در هزار، به همراه تیمار شاهد استفاده شد. هر تیمار در سه تکرار و در پنج نوبت محلول‌پاشی روی درختان بیست ساله رقم عباسعلی در آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و به مدت دو سال (۱۳۹۱ سال کم بار و **۱۳۹۲** سال پر بار) در باغ پسته شرکت بینالود - نیشابور مورد استفاده قرار گرفتند. نمونه‌برداری از خاک و آب قبل از شروع آزمایش انجام شد که نتایج تجزیه آن‌ها قبل از اجرا، درختان مشابه از نظر اندازه، وضعیت باردهی، موقعیت نسبت به درختان گرده‌دهنده و سایر عوامل تأثیر گذار بر تولید علامت‌گذاری و برای انجام تیمارها انتخاب شدند.

برای محلول‌پاشی از آب مقطر دوبار تقطیر شده استفاده شد. در هر نوبت محلول‌پاشی، ابتدا درختان شاهد با آب مقطر محلول‌پاشی شدند و سپس هر یک از ترکیبات کلسیم با ترازوی دیجیتالی به میزان لازم توزین و پس از حل کردن در آب مقطر به تانکر محلول پاشی اضافه شدند. محلول‌پاشی در اوایل صبح و در شرایط جوی مناسب انجام شد.

اولین نوبت محلول‌پاشی بلافاصله بعد از پایان گرده‌افشانی و زمانی که میوه‌ها به اندازه ارزن بودند شروع شد و چهار نوبت دیگر با فاصله ۱۰-۷ روز تکرار شد. نمونه‌برداری از برگ و میوه به منظور تعیین مقدار کلسیم در تاریخ ۵ تیر ماه و در آستانه سخت شدن پوست استخوانی انجام شد. برای برداشت برگ‌های با وضعیت مشابه، سومین برگ از سمت قاعده شاخه بارده انتهایی انتخاب و از هر تکرار پانزده برگ برداشت و پس از خشک شدن، میزان کلسیم برگ و میوه به روش جذب اتمی اندازه‌گیری شد.

در تاریخ ۴ مهرماه نمونه‌برداری از میوه‌های رسیده به منظور بررسی صفات مورد نظر انجام شد. به منظور یکنواختی در برداشت میوه، ده خوشه از هر درخت (تکرار) نزدیک به قاعده شاخه به طور تصادفی از جهات مختلف و تقریباً از ارتفاع یکسان از روی شاخه‌های انتهایی برداشت و صفات تعداد پسته در خوشه، وزن میوه خشک (اُنس)، درصد مغز، درصد خندانی و درصد کلسیم میوه بر اساس وزن خشک اندازه‌گیری و ثبت شد. در پایان اطلاعات جمع‌آوری شده توسط نرم‌افزار آماری MSTAC تجزیه و مقایسه میانگین‌های صفات اندازه‌گیری شده با آزمون دانکن (در سطح احتمال۵ درصد) انجام شد.

مشخصات و ویژگی‌های ترکیبات کلسیم

مورد استفاده به شرح زیر بود:

نیترات کلسیم: ۱۵ درصد نیتروژن به فرم نیترات و ۲۶ درصد کلسیم بر حسب Cao.

نانو کلات کلسیم: با ۱۴ درصد کلسیم کلات شده.

کلات کلسیم (EDTA): کلسیم بر حسب Cao، کلات شده به صورت (EDTA) ۱۴درصد، قابل حل در آب.

کلات کلسیم اسید آمینه: دارای ۷ درصد کلسیم و ۵ درصد نیتروژن، همراه با اسید آمینه گلیسین و برخی اسیدهای آلی طبیعی دیگر.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه خاک و آب محل اجرای آزمایش در سال ۱۳۹۱ به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

تعداد پسته در خوشه

رقم عباسعلی از ارقام تجاری و بومی منطقه دامغان است و در گروه ارقام متوسط گل و متوسط رس قرار دارد. با توجه به صفات ظاهری مناسب میوه از قبیل اُنس، رنگ پوست سبز و پوست استخوانی، از بازار پسندی مناسبی به صورت تازه‌خوری و خشک برخوردار است و از نظر تعداد پسته در خوشه نیز در زیستگاه اصلی مناسب گزارش شد (جوانشاه و همکاران، گزارش منتشر نشده). این رقم در شرایط اقلیمی فیض‌آباد خراسان، درصد زیادی از میوه‌ها را در ابتدای فصل تا آستانه سخت شدن پوست استخوانی از دست داده و تعداد پسته در هر خوشه معمولاً حدود هفت عدد است (Sherafati *et al.*, 2013). این نوع ریزش میوه پس از تشکیل و تا آستانه سخت شدن پوست استخوانی در رقم عباسعلی در محل اجرای آزمایش نیز وجود داشت. علائم و نشانه‌های سیاه شدگی میوه رقم عباسعلی در باغ محل اجرای آزمایش با علائم سیاه شدگی میوه‌ها در اثر خسارت سنک (ها)، روی میوه شباهتی ندارد و بسیار شبیه ریزش‌هایی است که در اثر کمبود کلسیم یا به هم خوردن نسبت کلسیم به منیزیم در میوه تشخیص داده شده است که اصطلاحاً اضمحلال پوست استخوانی (Endocarp lesion) نامیده می‌شود (هاشمی‌راد و محمدی محمدآبادی، ۲۰۰۹). در اثر این عارضه، بخش زیادی از میوه‌ها ریزش کرده و خوشه‌ها تنک می‌شوند.

نظر به این‌که درخت پسته دارای سیستم ریشه عمیق بوده و قادر نیست به اندازه کافی از عناصر غذایی موجود در لایه‌های سطحی خاک استفاده کند، بنابراین برای بالا بردن بازده کودی، تغذیه برگی بهترین نتیجه را داده است (Bilgen *et al.*, 1995). محلول‌پاشی عناصری چون کلسیم که تحرک کمی در گیاه دارند، روش مناسبی برای برطرف کردن کمبود آن در میوه و سایر اندام‌های گیاه است (Chitu *et al.*, 2002).

با توجه به کم تحرک بودن عنصر کلسیم در

جدول ۱- تجزیه خاک محل اجرای آزمایش (۱۳۹۱)

Table 1. Analysis of soil of experiment site (2013)

عمق Depth (cm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Ec (dsm^{-1})	مواد خنثی شونده T.N.V%	مواد آلی OC%	شن Sand%	لای Silt%	رس Clay%	فسفر قابل جذب P (mgkgm^{-1})	جذب قابل پتاسیم K (mgkgm^{-1})
0-40	7.7	13.1	10.7	0.09	39	40	21	8.0	93.0
40-80	7.8	15.3	12.5	0.09	38	42	20	6.8	79.5
80-120	8.0	8.5	13.7	0.09	49	36	15	6.6	79.5

جدول ۲- تجزیه آب محل اجرای آزمایش (۱۳۹۱)

Table 2. Analysis of water of experiment site (2013)

کلر Cl (mgl^{-1})	سدیم Na (mgl^{-1})	منیزیم Mg (mgl^{-1})	کلسیم Ca (mgl^{-1})	موادجامد محلول TSS (mgl^{-1})	نسبت جذب سدیم SAR	هدایت الکتریکی Ec (dsm^{-1})	اسیدیته pH
30.89	31.25	12.21	5.51	2848	10.13	4.45	6.75

گیاه (Fernandez *et al.*, 2013) و وجود همبستگی مثبت بین مقدار تبخیر و تعرق از اندام‌های هوایی و جذب کلسیم از خاک (Napier and Combrink, 2006) و همچنین پایین بودن مقدار کلسیم جوانه گل در اواخر فصل زمستان و در آستانه گلدهی (Mansouri Dehshoebi *et al.*, 2012) که نقش مهم در شکل‌گیری میوه در اوایل فصل رشد دارد (Faust, 1989) و کمبود آن عامل بسیاری از اختلالات فیزیولوژیکی میوه می‌شود (Fernandez *et al.*, 2013؛ Malakouti and Tabatabaei, 2000)، می‌توان نتیجه گرفت که عامل نرم شدن و ز هم پاشیدگی پوست سخت پسته (اضمحلال پوست استخوانی) در رقم عباسعلی می‌تواند تا حد زیادی ناشی از کمبود کلسیم باشد، اما نتایج این پژوهش نشان داد که ترکیبات کلسیم و دفعات محلول‌پاشی و اثر متقابل ترکیبات کلسیم در دفعات محلول‌پاشی و همچنین اثر سه جانبه ترکیبات کلسیم × دفعات محلول‌پاشی × سال، اثر معنی‌داری بر جلوگیری از ریزش میوه نداشت و موجب افزایش تعداد پسته در خوشه نشد (جدول ۳).

نتایج برخی مطالعات نشان داده که محلول‌پاشی ترکیبات محتوی کلسیم، به منظور جبران کمبود احتمالی کلسیم میوه در اوایل فصل رشد و جلوگیری از ریزش میوه تأثیرگذار نیست و در مجموع موجب افزایش تعداد پسته در خوشه نمی‌شود (Rouhani *et al.*, 2012؛ Sajadiyan *et al.*, 2013؛ Sadrifar, 2013)، که با نتایج به دست آمده در این پژوهش همخوانی دارد. این موضوع در مورد برخی دیگر از محصولات میوه‌ای دیگر نیز صدق می‌کند. به عنوان مثال محلول‌پاشی ترکیبات محتوی کلسیم تأثیری بر عملکرد سیب گرانی اسمیت نداشت و فقط کیفیت میوه و قابلیت فروش آن را افزایش داد (Napier and Combrink, 2006) و یا محلول‌پاشی با کودهای کلسیم تأثیری بر عملکرد کل و میانگین وزن میوه توت فرنگی نداشت ولی توانست سفتی میوه را افزایش دهد (Chitu *et al.*, 2002). بنابراین محلول‌پاشی ترکیبات محتوی کلسیم قبل از این‌که اثری کمی روی محصول داشته باشند، موجب افزایش کیفیت محصول می‌شوند (Mokhtari and Esmaeilzadeh, 2013).

درصد کلسیم برگ و میوه

بر اساس نتایج ارایه شده در جدول ۳، اثر ترکیبات کلسیم در سطح احتمال ۵ درصد بر مقدار کلسیم برگ معنی‌دار بود و مطابق جدول ۴ و شکل ۱، در بین ترکیبات کلسیم، نانو کلات کلسیم با ۱/۲ درصد و کلات کلسیم اسید آمینه با ۱/۰۹ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را بر مقدار کلسیم برگ داشتند. تأثیر ترکیبات کلسیم بر مقدار کلسیم میوه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول‌های ۳ و ۴). اثر متقابل ترکیبات کلسیم

و دفعات محلول‌پاشی بر مقدار کلسیم برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول‌های ۳ و ۵). به این ترتیب که بیشترین کلسیم برگ (۱/۴۷ درصد) از تیمار کلات کلسیم EDTA با پنج نوبت محلول‌پاشی به دست آمد (شکل ۱).

مطابق نتایج به دست آمده در جدول‌های ۴ و ۵، تأثیر ترکیبات کلسیم و اثر متقابل دفعات محلول‌پاشی و ترکیبات کلسیم بر مقدار کلسیم برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. اما از آن‌جائی که تأثیر ترکیبات کلسیم و اثر متقابل دو تیمار بر صفت مهم تعداد پسته در خوشه معنی‌داری نبود (جدول ۳)، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که به دلیل پویایی بسیار کم کلسیم در گیاه (Fernandez *et al.*, 2013) و انتقال ناچیز کلسیم از برگ به میوه (Moezardelan and Savaghebi, 1998)، به احتمال زیاد کمبود کلسیم میوه از طریق محلول‌پاشی برگی تأمین نشده است و یا این‌که به دلیل رشد سریع میوه پسته در دوره کوتاه، کلسیم جذب شده از برگ، فرصت تأثیرگذاری در فرآیند رشد و شکل‌گیری پوست استخوانی میوه را نداشته است. این نتایج با نتایج به دست آمده توسط صدری‌فر (Sadrifar, 2013) نیز همخوانی دارد.

باید توجه داشت که دوره تشکیل و رشد میوه همزمان با رشد شاخه سال جاری است و بروز کمبود کلسیم در چنین شرایطی به دلیل اختلالاتی است که در توزیع و تخصیص کلسیم در بافت‌های در حال رشد گیاه ایجاد می‌شود، به علاوه محل‌های رقابت کننده برای جذب کلسیم نظیر برگ‌ها، میوه‌ها و سلول‌های مریستمی هر کدام جداگانه بر حرکت کلسیم اثر می‌گذارند (Mirmohammadi Maybodi and Ghareyazi, 2003) و بخش زیادی از کلسیم جذب شده از طریق محلول‌پاشی برگ به مصرف اندام‌هایی که مصرف‌کننده‌های قوی‌تری (نظیر جوانه انتهایی) هستند، می‌رسد و چون حرکت کلسیم از برگ به میوه بسیار کند و ناچیز است (Mahmoudi Mimandi, 2008)، بنابراین کلسیمی که در اثر محلول‌پاشی ترکیبات محتوی کلسیم توسط برگ جذب می‌شود، قبل از آن‌که در اختیار میوه قرار گیرد، احتمالاً در برگ و شاخه سال جاری به مصرف می‌رسد و نقش قابل توجهی در برطرف کردن کمبود کلسیم میوه نخواهد داشت.

وزن پسته و درصد خندانی

اثر متقابل ترکیبات کلسیم و تعداد دفعات محلول پاشی بر وزن پسته (اُنس) در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول‌های ۳ و ۶) و مطابق شکل ۲ تیمار کلات کلسیم اسید آمینه با پنج نوبت محلول‌پاشی با ۲۵/۸ دانه پسته در یک اُنس و نانوکلات کلسیم با ۲۹ دانه در یک اُنس به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را بر

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات مربوط به میوه در پسته رقم عباسعلی تحت تاثیر تیمارهای ترکیبات کلسیم و دفعات محلول‌پاشی در دو سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲

Table 3. Combined analysis of variance for traits associated with nut in pistachio cultivar Abbasali affected by calcium compounds and spraying times treatments in 2012 and 2013

			MS میانگین مربعات						
S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	تعداد پسته درخوشه Nuts per cluster	درصد پوکی Blank percentge	اُنس Ounce	درصد مغز Kernel percentge	درصد خندانی Spliting percentge	درصد کلسیم برگ Leaf Ca percentge	درصد کلسیم میوه Fruit Ca percentage
Year (Y)	سال	1	6447.10**	2703.42**	36.01**	0.54ns	47241.60**	10.72**	0.03**
Calcium compounds (Ca)	ترکیبات کلسیم	4	17.45ns	31.02ns	36.05ns	9.70*	183.30*	0.07*	0.004**
Spraying times (T)	دفعات محلول پاشی	4	31.40ns	43.61ns	1.17ns	5.45ns	106.09ns	0.01ns	0.00ns
T × Ca	ترکیبات × دفعات	16	15.94ns	30.69ns	7.01**	3.19ns	184.70**	0.57*	0.00ns
Y × Ca× T	سال × ترکیبات × دفعات	16	24.23ns	21.41ns	3.91ns	4.05ns	100.40ns	0.57*	0.00ns
Error	خطا	96	16.60	57.90	2.90	3.70	71.60	8.03	0.00
CV (%)	درصد ضریب تغییرات		28.84	6.28	6.28	3.65	10.57	15.87	14.12

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns, * and **: Not significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مربوط به میوه در پسته رقم عباسعلی در تیمارهای مختلف ترکیبات کلسیم

Table 4. Mean comparison of traits associated with nut in pistachio cultivar Abbasali in different treatment of calcium compounds

Calcium compounds	ترکیبات کلسیم	تعداد پسته در خوشه Nuts per cluster	اُنس Ounce	درصد پوکی Blant percentage	درصد مغز Kernel percentage	درصد خندانی Spliting percentage	درصد کلسیم برگ Leaf Ca percentage	درصد کلسیم میوه Fruit Ca percentage
Calcium nitrate	کلسیم نیترات	13.8a	27.0ab	18.10a	53.2ab	78.2b	1.15ab	0.16a
Nano chelate calcium	نانوکلات کلسیم	15.2a	27.6a	18.13a	52.6bc	81.9ab	1.20a	0.13c
Chelate calcium amino acid	کلات کلسیم اسید آمینه	13.5a	27.1ab	16.50a	52.2c	77.9b	1.09b	0.15b
Chelate calcium EDTA	کلات کلسیم EDTA	14.6a	27.3ab	17.06a	53.6a	83.4a	1.20a	0.15b
Control	شاهد	13.4a	26.7b	15.70a	53.3ab	78.6b	1.19a	0.15b

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌داری هستند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different.

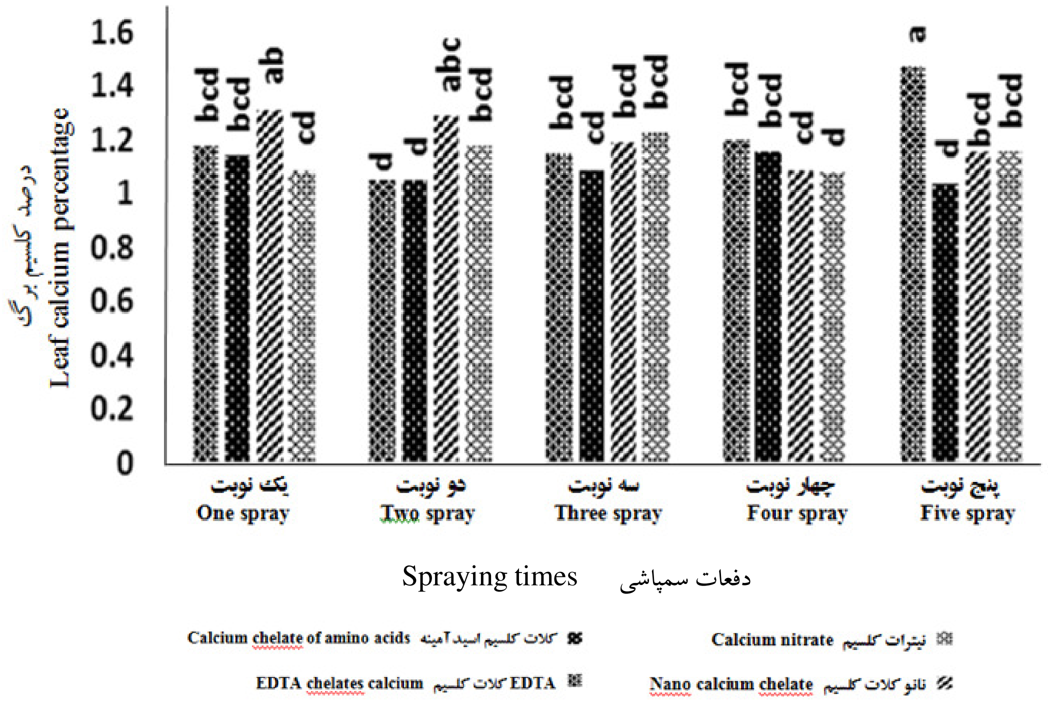
جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مربوط به میوه در پسته رقم عباسعلی در تیمارهای مختلف دفعات محلول‌پاشی

Table 5. Mean comparison of traits associated with nut in pistachio cultivar Abbasali in different treatments of spraying times

Spraying times	دفعات محول‌پاشی	تعداد پسته در خوشه Nuts per cluster	اُنس Ounce	درصد پوکی Blant percentage	درصد مغز Kernel percentage	درصد خندانی Spliting percentage	درصد کلسیم برگ Leaf Ca percentage	درصد کلسیم میوه Fruit Ca percentage
One spraying	یک محلول پاشی	12.9b	26.90a	15.5a	53.5a	80.3ab	1.13a	0.15a
Two spraying	دو محلول پاشی	13.2ab	27.18a	16.4a	52.8ab	78.4ab	1.15a	0.15a
Three spraying	سه محلول پاشی	14.7ab	27.40a	17.8a	53.2ab	80.6ab	1.17a	0.14a
Four spraying	چهار محلول پاشی	15.2a	27.11a	17.8a	53.03ab	82.7a	1.15a	0.15a
Five spraying	پنج محلول پاشی	14.5ab	27.03a	18.6a	52.4b	78.1b	1.20a	0.15a

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌داری هستند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different.



شکل ۱- مقایسه میانگین درصد کلسیم برگ تحت تاثیر اثر متقابل ترکیبات کلسیم و دفعات محلول‌پاشی در پسته رقم عباسعلی

Fig. 1. Mean comparison of leaf calcium percentage as affected by interaction effects of calcium comporands and spraying times in pistachio cultivar Abbasali

ستون‌ها با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Bars with similar letters are not significantly different.

وزن پسته داشتند. اثر سال بر صفت وزن پسته (اُنس) در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اُنس در سال اول کم بار (Off) ۲۶/۶ و در سال دوم پر بار (On) ۲۷/۶ به دست آمد. تیمار ترکیبات کلسیم در سطح احتمال ۵ درصد بر درصد مغز معنی‌دار بود (جدول ۳ و از بین ترکیبات محلول‌پاشی شده، کلات‌کلسیم EDTA با ۵۳/۶ درصد و کلات کلسیم اسیدآمینه با ۵۲/۲ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را بر درصد مغز داشتند (جدول ۴).

اثر متقابل ترکیبات کلسیم و دفعات محلول‌پاشی در سطح احتمال ۱ درصد بر درصد خندانی معنی‌دار بود (جدول‌های ۳ و ۶) و تیمار نانوکلات کلسیم در سه نوبت محلول‌پاشی با ۹۲/۳ درصد خندانی و تیمار کلات‌کلسیم اسید آمینه در سه نوبت محلول‌پاشی با ۶۷/۱ درصد خندانی به ترتیب دارای بیشترین و کمترین اثر بر درصد خندانی میوه بودند (جدول ۶). همچنین ترکیبات کلسیم در سطح احتمال

جدول ۶- مقایسه میانگین برخی صفات مرتبط با میوه در پسته رقم عباسعلی تحت تاثیر اثر متقابل ترکیبات کلسیم و دفعات محلول‌پاشی

Table 6. Mean comparison of some traits associate with nut in pistachio cultivar Abbasali as affected by interaction effects of calcium compounds and spraying times

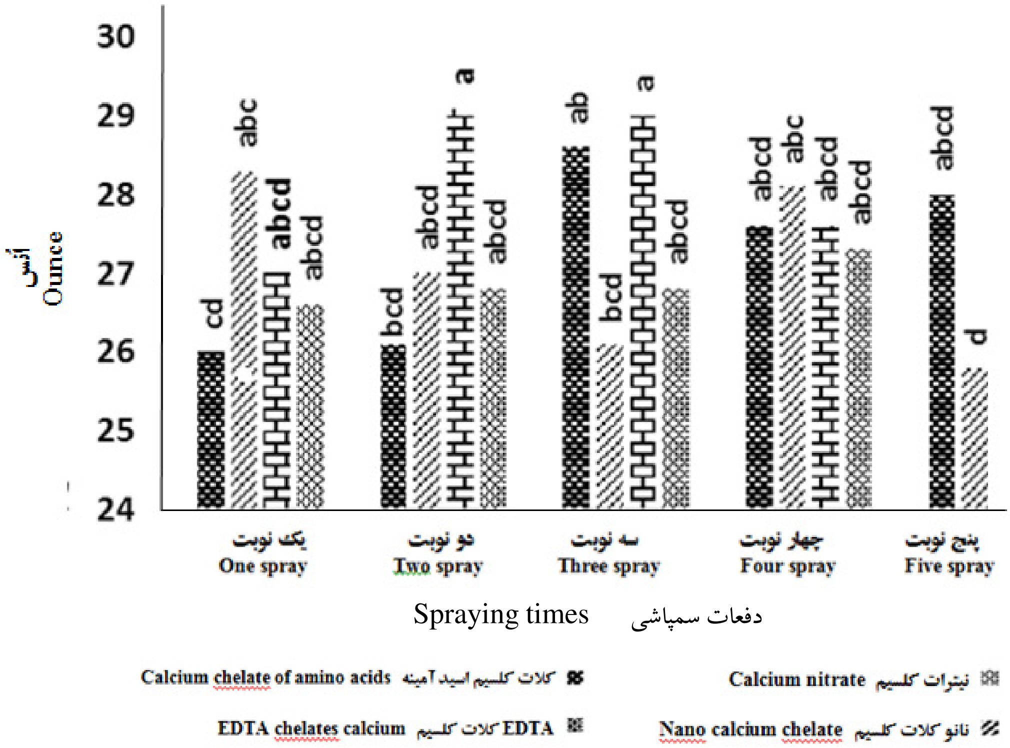
ترکیبات کلسیم Calcium compounds	دفعات محلول پاشی Spraying times		اُنس Ounce	درصد خندانی Spliting percentage	درصد کلسیم برگ Fruit Ca percentage
نیترات کلسیم Calcium nitrate	One Sprayiny	یک نوبت	26.67abcd	85.6abc	1.09cd
	Two Sprayiny	دو نوبت	26.83abcd	73.1cd	1.18bcd
	Three Sprayiny	سه نوبت	26.83abcd	80.5abc	1.23bcd
	Four Sprayiny	چهار نوبت	27.33abcd	78.5bcd	1.08d
	Five Sprayiny	پنج نوبت	27.33abcd	73.5cd	1.16bcd
نانو کلات کلسیم Nano chelate calcium	One Sprayiny	یک نوبت	27.00abcd	79.00bcd	1.13ab
	Two Sprayiny	دو نوبت	29.17a	74.00bcd	1.29abc
	Three Sprayiny	سه نوبت	29.00a	92.33a	1.19cd
	Four Sprayiny	چهار نوبت	27.60abcd	86.00abc	1.09cd
	Five Sprayiny	پنج نوبت	27.50abcd	78.17bcd	1.16bcd
کلات کلسیم اسید آمینه Chelate calcium amino acid	One Sprayiny	یک نوبت	28.33abc	74.50bcd	1.14bcd
	Two Sprayiny	دو نوبت	27.00abcd	80.33abc	1.05d
	Three Sprayiny	سه نوبت	26.17bcd	67.17d	1.09cd
	Four Sprayiny	چهار نوبت	28.17abc	86.50ab	1.16bcd
	Five Sprayiny	پنج نوبت	25.83d	81.17abc	1.04d
EDTA کلات کلسیم Chelate calcium EDTA	One Sprayiny	یک نوبت	26.00cd	88.83abc	1.18bcd
	Two Sprayiny	دو نوبت	26.17bcd	85.83abc	1.05d
	Three Sprayiny	سه نوبت	28.67ab	85.50abc	1.15bcd
	Four Sprayiny	چهار نوبت	27.67abcd	84.00abc	1.25bcd
	Five Sprayiny	پنج نوبت	28.00abcd	79.00bcd	1.47a

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌داری هستند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different.

۵ درصد بر درصد خندانی معنی‌دار بود و با شاهد اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۳). اثر سال بر درصد خندانی میوه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دارد بود (جدول ۳). درصد خندانی میوه در سال اول کم بار (Off) ۹۷/۶ و در سال دوم پر بار (On) برابر با ۶۲/۹ بود.

پس از بررسی نتایج مشخص شد که ترکیبات کلسیم محلول‌پاشی شده تأثیر چندانی بر افزایش درصد تشکیل میوه (کاهش ریزش میوه) نداشتند. نظر به این که فاصله زمانی بین تشکیل میوه (شروع محلول‌پاشی) و رشد کامل میوه (پایان دوره ریزش میوه) حدود ۳۰ روز طول می‌کشد، در این دوره کوتاه فرصت کافی برای تأثیر کلسیم جذب شده در فرآیندهای فیزیولوژیک برگ و میوه گیاه فراهم نشده است



شکل ۲- مقایسه میانگین اُنس تحت تاثیر اثر متقابل ترکیبات کلسیم و دفعات محلول‌پاشی در پسته رقم عباسعلی

Fig. 2. Mean comparison of ounce as affected by interaction effects of calcium compounds and spraying times in pistachio cultivar Abbasali

ستون‌ها با حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Bars with similar letters are not significantly different.

اما روی سایر صفات مانند وزن پسته (اُنس)،درصد مغز و درصد خندانی که از زمان محلول‌پاشی تا برداشت میوه، دوره طولانی‌تری (حدود ۳ ماه) را طی می‌کنند، محلول‌پاشی کلسیم تأثیر مثبت داشته است. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود ترکیبات کلسیم روی دو صفت درصد مغز و درصد خندانی در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل دو تیمار ترکیبات کلسیم و دفعات محلول‌پاشی بر صفات اُنس و درصد خندانی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند، بنابراین محلول‌پاشی کلسیم نتواسته است نقش مهم و معنی‌داری در جلوگیری از ریزش میوه داشته باشد. نتایج به دست آمده با مطالعات انجام شده توسط صدری‌فر (Sadrifar, 2013) و داوری‌نژاد و همکاران (Davarinejad *et al.*, 2010) مطابقت داشت. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که اگر چه کمبود کلسیم یکی از دلایل اصلی ریزش میوه (اضمحلال پوست استخوانی) در اوایل فصل رشد و تشکیل میوه شناخته شده

است، اما در این تحقیق محلول‌پاشی ترکیبات محتوی کلسیم و تعداد دفعات محلول‌پاشی موجب کاهش ریزش میوه پسته نشد.

نتایج به دست آمده در این پژوهش و سایر مطالعات انجام شده مرتبط با کلسیم در دیگر محصولات باغبانی، نشان‌دهنده این واقعیت است که کلسیم در کوتاه‌مدت بر فرآیندهای فیزیولوژیک که منجر به کاهش ریزش میوه می‌شود، اثر معنی‌داری ندارد، بنابراین به نظر می‌رسد برای بررسی اثر کلسیم در جلوگیری از ریزش میوه، تأمین کلسیم مورد نیاز گیاه در طول دوره رشد سال قبل مورد توجه قرار گیرد و از طرفی کاربرد کلسیم با توجه به اثر متقابل آن با سایر عناصر غذایی در نظر گرفته شود، ضمن این که موضوع تأمین کلسیم از طریق خاک می‌تواند مورد مطالعه و پژوهش در برنامه‌های بعدی قرار گیرد.

سپاسگزاری

از آقای مهندس احمدپور کارشناس آزمایشگاه تغذیه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، همکاران محترم ایستگاه تحقیقات پسته فیض‌آباد و همچنین از کارشناسان باغ پسته شرکت کشاورزی بینالود- نیشابور، آقایان مهندس بیگی و دهقان، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

Adibfar, S., Mostafavi, M., and Hossienifard, S.J. 2012. Does foliar $CaCl_2$ application control pistachio endocarp lesion? Thia Journal of Agriculture Science 45(4): 233-239.

Anonymous 2014. Statistical Year Book of Agricultural Crops. Ministry of Jiha-e-Keshavarzi, Tehran, Iran (in Persian).

Bilgen, A. M., Gezerel, O., and Kaska, N. 1995. Effects of systemic leaf fertilizers on the yield and quality of pistachio nuts. Acta Horticulturae 419: 135-136.

Chiţu, V., Coman, M., Bulgaru, L., and Chitu, E. 2002. Effects of "Calmax" and "Nutrivit" foliar fertilizers on plant growth and strawberry fruit quality. Acta Horticulturae 594: 475-480.

Davarinejad, Gh., Azizi, M., and Akharati, M. 2010. The effect of foliar application of calcium compouds on quality and quantity and alternative bearing in pistachio trees. Journal of Horticultural Science 22:1-10 (in persian).

Faust, M. 1989. Physiology of Temperate Zone Fruit Trees. John Wiley and Sons Inc.,

New York, USA.

Fernandez, V., Sotiropoulos, T., and Brown, P. 2013. Foliar Fertilization (Scientific Principles and Field Practices). International Fertilizer Industry Association (IFA), Paris, France.

Hashemirad, H., and Mohammadi Mohammadabadi, A. 2009. Endocarp Lesion. Publicaitions of Pistachio Research Institute, Rafsanjan, Iran (in Persian).

Hokmabadi, H. 2012. Environmental and Non- Environmental Factors Causing Damage on Pistachio. Agricultural Education Press, Karaj, Iran (in Persian).

Hosseinifard, S. J., and Alipour, H. 2004. Diagnostics and removal of nutrients deficiency of pistachio. Technical Publication No. 82/500, Pistachio Research Institute, Rafsanjan, Iran (in Persian).

Mahmoudi Mimand, S. 2008. The Role of Gypsum in Pistachio Gardens. Publications of Pistachio Research Institute, Rafsanjan, Iran (in Persian).

Malakouti, M., and Homaei, M., 1995. Soil Fertility in Dry Area (Challenges and Approaches). Tarbiat Modares University Press, Tehran, Iran (in Persian).

Malakouti, M., and Tabatabaei, S. J., 2000. Proper Nutrition of Fruit Trees. Agricultural Education Press, Karaj, Iran (in Persian).

Mansori Dehshoeibi, R., Davarinejad, Gh., Hokmabadi, H., and Tehranifar, A. 2012. The change of calcium, potassium and sodium at phenological stages of pistachio flower bud Proceedings of the Seventh Iranian Congress of Horticultural Sciences, Isfahan, Iran (in Persian).

Mirmohammadi Maybodi, S. M., and Ghareyazi, B. 2003. Physiological Aspects and Racial of Plants Salinity Tension. Publication Center, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran (in Persian).

Moezardelan, M., and Savaghebi, G. H. 1998. Nutrition of Fruit Trees. Jihad-e-Daneshgahi Publications, Tehran, Iran (in Persian).

Mokhtari, Z. 2013. The effect of plastic mulch and application of commercial fertilizers in the fall on the vegetative growth and some quantitative and qualitative characteristics of Pistachio nuts of Kalle- Ghochi cultivar. MSc. Thesis, College of Agriculture, Valie- Asr University, Rafsanjan, Iran (in Persian).

Napier, D. R., and Combrink, N. J. J. 2006. Aspect of calcium nutrition to limit plant physiology disorder. Acta Horticulturae 702: 107-116.

Rouhani, S. M., Samie, M., and Esmaeilizadeh, M. 2012. The effects of spring spraying of some nutrient elements and Amitraz pesticide on growth characteristics and yield of pistachio. Proceedings of the Seventh Iranian Congress of Horticultural Sciences, Isfahan, Iran (in Persian).

Sadrifar, M. 2013. The effect of foliar nutrition of calcium compounds on the formation and development of pistachio nuts (*Pistacia vera*, L.). MSc. Thesis, College of Agriculture, Shirvan Branch, Islamic Azad University, Shirvan, Iran (in Persian).

Sajadiyan, H. 2012. Study on the effects of several treatments of calcium on endocarp lesion of fruit pistachio in Akbari cultivar. Proceedings of the Seventh Iranian Congress of Horticultural Sciences, Isfahan, Iran (in Persian).

Sedaghati, N., Shiebani Tazergi, Z., Hokmabadi, H., Haghdel, M., and Abdolahi-e-Ezatabadi, M. 2010. Pistachio Production Manual. Publications of Pistachio Research Institute, Rafsanjan, Iran. 562 pp. (in Persian).

Sherafati, A., Arzani, K., and Ramezani Moghaddam, M. 2013. Assessment of flowering and bearing of twelve pistachio (*Pistacia vera* L.) cultivars under Khorasan environmental conditions. Seed and Plant Improvement Journal 29-1 (2): 243-256 (in Persian).